

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
„ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ
“МАШИНИ БЕЗПЕРЕРВНОГО ТРАНСПОРТУ”
для студентів спеціальності 7.090214
“Підйомно-транспортні, будівельні,
дорожні машини та обладнання”

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 24.06.2010

Харків НТУ “ХПІ” 2010

Методичні вказівки до курсового проекту «Машини безперервного транспорту» для студентів спеціальності 7.090214 «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні машини та обладнання» / Григоров О.В., Вишневецький Г.В., Петренко Н.О., Стрижак В.В. – Х. : НТУ «ХПІ», 2010. – 28 с.

Укладачі: О.В. Григоров,
Г.В. Вишневецький,
Н.О. Петренко,
В.В. Стрижак

Рецензент: *А. С. Рахманий*

Кафедра підйомно-транспортних машин і обладнання

Вступ

Дане видання призначене для студентів, що виконують курсовий проект з машин безперервного транспорту.

У проекті потрібно розрахувати навантаження, натяг і прогин у стрічці, розміри роликоопор, привод конвеєра та виконати його перевірку на пуск і гальмування. Вибрати тип стрічки, визначити діаметр барабана, розрахувати очисний пристрій.

Обсяг дипломного проекту – 5 аркушів формату А1 (594х841 мм) з графічними розробками та розрахунково-пояснювальна записка на аркушах формату А4 (297х210 мм).

На кресленнях мають бути виконані: загальний вигляд конвеєра; роликоопора; станція натяжна; станція приводна; барабан холостий.

1. Вихідні дані для конвеєра, що транспортує насипний вантаж (вугілля)

Виробність максимальна годинна $\Pi = 350$ т/год.

Властивості вантажу:

- насипна маса вантажу $\gamma = 0,8$ т/м³;
- максимальний розмір шматка $a_{\max} = 350$ мм;
- кут природного відкосу:
 - у спокої $\varphi_{\text{сп}} = 30^\circ$;
 - у русі $\varphi_{\text{р}} = 20^\circ$;
- траса конвеєра: довжина $L = 430$ м; ділянки: $L_1 = 200$ м, $L_2 = 30$ м, $L_3 = 200$ м; кут нахилу: на ділянці L_2 буде $\beta = 15^\circ$ (рис. 1).

Місцеві умови: конвеєр розміщений у технологічному ланцюзі; завантаження виконується зі стрічкового конвеєра; розвантаження здійснюється через приводний барабан; конвеєр експлуатується за температури $0...40\text{ }^{\circ}\text{C}$ у закритому приміщенні, що не опалюється; повітря – сухе; конвеєр установлений стаціонарно; привід розміщений у головній частині конвеєра; натяжний пристрій – вантажний, розташований біля привода.

Метою розрахунку є визначення комплексу проектних та конструктивних параметрів конвеєра в обсязі, достатньому для виконання технічного проекту конвеєра.

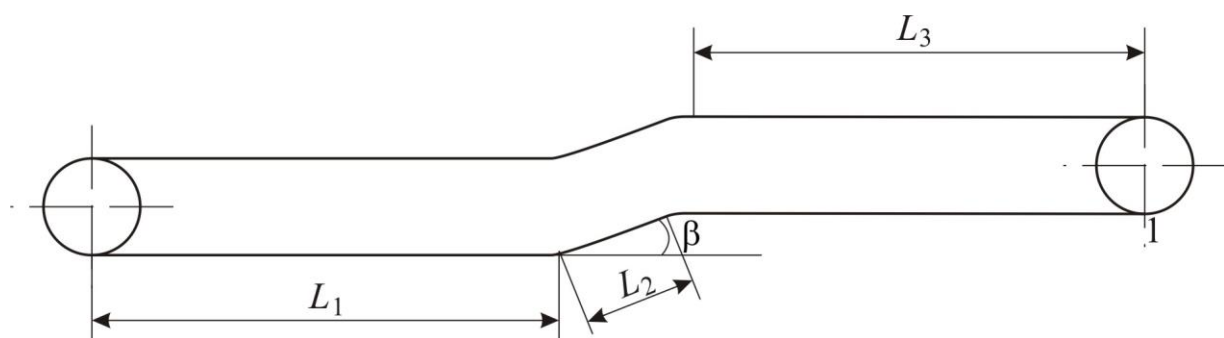


Рисунок 1 – Схема стрічкового конвеєра

2. Розрахунок швидкості транспортування та ширини стрічки конвеєра

Якщо завданням не передбачено параметри роликоопор, визначаємо роликоопори трироликовими з кутом нахилу бічних роликів 30° – найбільш розповсюджений варіант.

Необхідна ширина стрічки за умови забезпечення потрібної виробності

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{\ddot{I}}{k_y \cdot C \cdot v \cdot \gamma}} + 0,05 \right), \quad (1)$$

де $C = 625$ для жолобчастої трироликової опори з кутом нахилу бічного ролика $\alpha = 30^{\circ}$ та кутом нахилу насипного вантажу на стрічці при її русі $\varphi_p = 20^{\circ}$ [1, табл. 48];

k_y – коефіцієнт зменшення виробності внаслідок зсипання вантажу вниз нахилом. Для кута нахилу $\beta = 15^{\circ}$ матимемо $k_y = 0,9$.

Для розрахунку потрібної ширини стрічки мусимо задати значення швидкості v . Для цього скористаємося даними табл. 47 [1]. Але в таблиці орієнтовні значення швидкостей руху стрічки подані залежно від ширини стрічки. Названа таблиця містить дані про реалізовані та перевірені практикою конструкції конвеєрів. Тож визначення проектної ширини стрічки має бути узгодженим:

- з формулою (1);
- з таблицею 47 [1].

Отже, в полі єдиного графіка будуватимемо залежності:

- $B = f(v)$ – за формулою (1) – крива 1, рис. 2;
- $v = f(B)$ – за таблицею 47 [1] – крива 2, рис. 2.

На перетині кривих знаходимо точку x : $B = 0,8$ м; $v = 1,8$ м/с.

За інших рівних обставин слід віддати перевагу варіантам з меншим значенням швидкості.

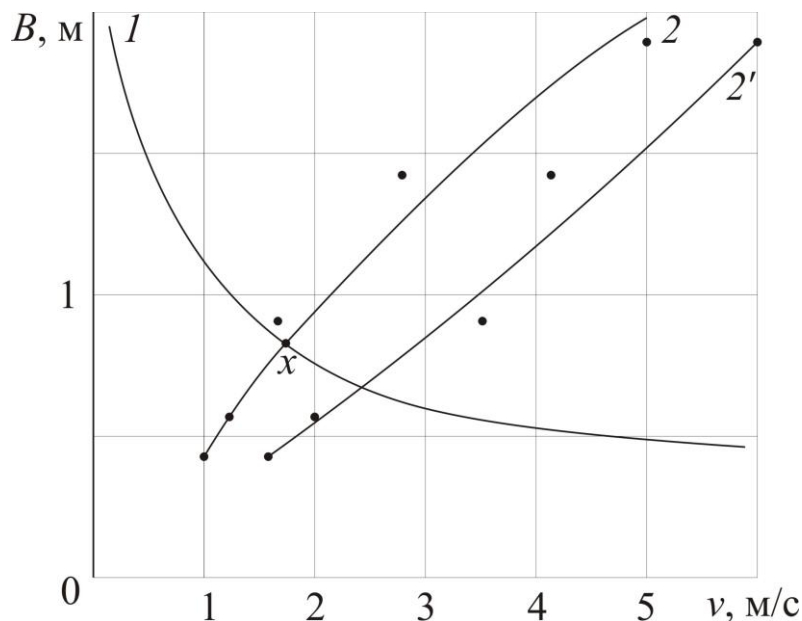


Рисунок 2 – Криві залежності потрібної ширини стрічки від швидкості транспортування:

1 – розрахункова за умови забезпечення потрібної виробності; 2, 2' – за фактом реально виконаних проектів [1, с. 287, табл. 47]

При вмісті шматків розміром $a_{\max} = 350$ мм у кількості 12 % від загальної маси вантажу ширина стрічки має задовольнити умову

$$B \geq (2,7...3,2)a_{\max} = (2,7...3,2) \cdot 350 = 945...1120 \text{ мм}.$$

Відповідно до ГОСТ 20-76 приймаємо ширину стрічки $B = 1000 \text{ мм}$.

Швидкість визначаємо за формулою виробності Q , т/год:

$$Q = 3600 \cdot k_y \cdot F \cdot \gamma \cdot v,$$

звідки
$$v = \frac{Q}{3600 \cdot k_y \cdot \gamma \cdot F}.$$

Тут F – площа поперечного перерізу потоку вантажу.

Щоб знайти швидкість v , треба мати відомості щодо площі поперечного перерізу потоку вантажу (рис. 3).

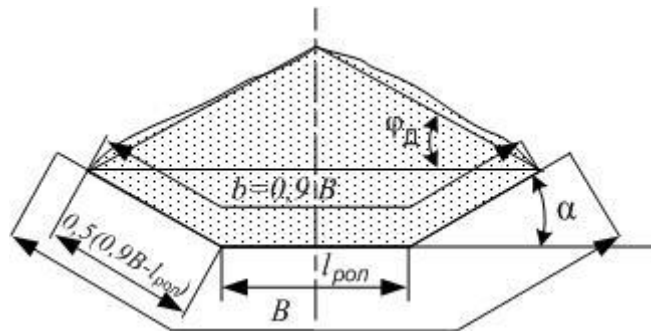


Рисунок 3 – Поперечний переріз потоку вантажу на стрічці

Площу перерізу штабеля знаходять графічно чи аналітично. Це проста задача шкільної геометрії. Варто лише знати, що $l_{\text{поп}} \approx 0,4B$.

У нашому випадку швидкість $v = 1,5 \text{ м/с}$.

Традиційно в цьому місці ставиться крапка: визначено ширину та швидкість стрічки відповідно до вихідних даних.

Прагнення оптимальності параметрів ініціює варіювання значення α . Збільшення кута нахилу бічних роликів за певних значень B та ϕ_p зумовить підвищення погонного навантаження на стрічку, що дозволить забезпечити паспортну виробність за зменшеної швидкості стрічки. Сумлінний студент може знайти оптимальне значення кута α , при цьому маючи на увазі, що це значення α є стандартним ($\alpha = 15^\circ; 20^\circ; 30^\circ; 36^\circ; 45^\circ$).

3. Визначення навантажень

Для визначення натягів у стрічці вдаємося до методу тягового розрахунку за контуром.

Приймаємо привод конвеєра з одним приводним барабаном, кут обхвату якого $\alpha = 240^\circ$. Поверхня барабана футерована гумою.

Натяг у гілці, що набігає, (точка 13) відповідно до формули Ейлера:

$$S_{13} \leq S_1 \cdot e^{f\alpha} = 5,34 \cdot S_1. \quad (2)$$

Коефіцієнт тертя стрічки по гумі при сухій атмосфері $f = 0,40$. При $\alpha = 240^\circ$ і $f = 0,40$ $e^{f\alpha} = 5,34$ (кут підставляють у радіанах) матимемо $e = 2,71$.

У рівнянні (2) два невідомих члени – S_{13} та S_1 . Для складання другого рівняння необхідно мати тяговий контур від точки 1 до точки 13, виражаючи натяг у всіх точках через натяг у точці 1 – S_1 .

Для наступного розрахунку потрібно знати погонні навантаження:

1. Від вантажу, що транспортується:

$$q = \frac{\ddot{I} \cdot g}{3,6 \cdot v} = \frac{350 \cdot 9,81}{3,6 \cdot 1,5} = 635,8 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

2. Від ваги роликів, які обертаються:

– робочої гілки

$$q'_p = \frac{G'_p}{\ell'_p} = \frac{250}{1,3} = 192,3 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

– холостої гілки

$$q''_p = \frac{G''_p}{\ell''_p} = \frac{215}{3} = 71,7 \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

де ℓ'_p – відстань між роликотопорами робочої гілки, приймаємо $\ell'_p = 1300$ мм; ℓ''_p – відстань між роликотопорами холостої гілки, $\ell''_p = (2 \dots 2,5) \ell'_p$; $\ell'_p = (2 \dots 2,5) 1300 = (2 \dots 2,5) 1300 = (2600 \dots 3250)$ мм, приймаємо $\ell''_p = 3000$ мм; G'_p та G''_p – вага частин роликотопор, які обертаються, що застосовуються для підтримки робочої та холостої гілок; $G'_p = 250$ Н – для жолобчастої трироликової опори нормального виконання; $G''_p = 215$ Н – для прямої роликотопори (табл. 52 [1]).

4. Визначення геометричних параметрів траси та роlikоопор

Обчислимо радіуси перегину стрічки на кривих:

$$R_1 \geq 12B = 12 \cdot 1 = 12 \text{ м}.$$

Приймаємо $R_1 = 12,5 \text{ м}$.

Знаючи значення R_1 , визначимо довжину дуги:

$$L_3 = \frac{2\pi \cdot R_1 \cdot 18^\circ}{360^\circ} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 12,5 \cdot 15^\circ}{360^\circ} = 3,27 \text{ м}.$$

Мінімальний радіус перегину стрічки на кривій опуклістю донизу при незавантаженій стрічці

$$R_{\min} \geq \frac{S_{11}}{q_0} = \frac{22187,4}{145,68} = 152,3 \text{ м}.$$

При завантаженій стрічці мінімальний радіус становить:

$$R_{\min} \geq \frac{S_{11}}{q + q_0} = \frac{22187,4}{145,68 + 635,8} = 28,4 \text{ м}.$$

Приймаємо $R_{\min} = 155 \text{ м}$.

Визначення геометричних розмірів роlikоопор (рис. 4):

- для робочої гілки

$$d_p = 127 \text{ мм}; c = 20 \text{ мм}; a = 0,06B = 0,06 \cdot 1000 = 60 \text{ мм}; \alpha = 30^\circ;$$

$$l = 360 \text{ мм};$$

- для холостої гілки

$$d_p = 127 \text{ мм}; l_e = 1120 \text{ мм}.$$

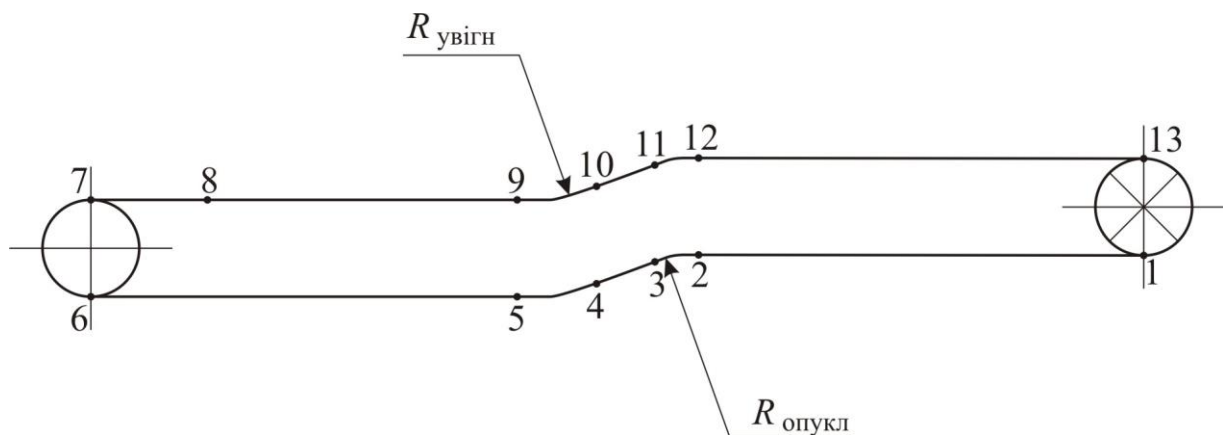


Рисунок 4 – Траса конвеєра

Задавшись числом прокладок стрічки (апріорі $n = 6$), визначаємо її вагу за формулою

$$q_0 = 1100B \cdot g(\delta_i \cdot n + h_1 + h_2) = \\ = 1100 \cdot 1 \cdot 9,81(0,00125 \cdot 6 + 0,004 + 0,002) = 145,68 \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

де 1100 – питома вага стрічки, Н/м^3 ; $\delta = 1,25$ мм – товщина прокладки; $h_1 = 4$ мм – товщина верхньої обкладки; $h_2 = 2$ мм – товщина нижньої обкладки.

5. Визначення натягів у стрічці

Натяг у характерних точках тягового контуру:

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} = S_1 + 1521,66;$$

$$W_{1-2} = (q_0 + q_p'') \cdot L_3 \cdot \omega' = (145,68 + 71,7) \cdot 200 \cdot 0,035 = 1521,6 \text{ Н},$$

де $W' = 0,035$ – коефіцієнт опору рухові стрічки, який залежить від типу підшипника, змащення, ущільнення та інших умов експлуатації конвеєра.

Виконаємо розрахунки:

$$S_3 = k \cdot S_2 = 1,03 \cdot (S_1 + 1521,66) = 1,03 \cdot S_1 + 1567,3;$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = 1,04S_1 + 1567,3 - 908,1 = 1,03S_1 + 659,2;$$

$$W_{3-4} = q_0 L_2 \omega' \cos \beta + q_p'' L_2 \omega' - q_0 L_2 \sin \beta = 145,68 \cdot 30 \cdot 0,035 \cdot \cos 15^\circ + 71,7 \cdot 30 \cdot 0,035 - \\ - 145,68 \cdot 30 \cdot \sin 15^\circ = -908,1 \text{ Н};$$

$$S_5 = k \cdot S_4 = 1,03 \cdot (1,03 \cdot S_1 + 659,2) = 1,06 \cdot S_1 + 679;$$

$$S_6 = S_5 + W_{5-6} = 1,06 \cdot S_1 + 679 + 1521,66 = 1,06 \cdot S_1 + 2200,66 \text{ Н};$$

$$W_{5-6} = q_0 L_1 \omega' + q_p'' L_1 \omega' = 145,68 \cdot 200 \cdot 0,035 + 71,7 \cdot 200 \cdot 0,035 = 1521,66 \text{ Н};$$

$$S_7 = 1,05 \cdot S_6 = 1,05 \cdot (1,06 \cdot S_1 + 2200,66) = 1,113 \cdot S_1 + 2310,7 \text{ Н};$$

$$S_8 = S_7 + W_{\text{çàâ}} = 1,113 \cdot S_1 + 2310,7 + 59,2 = 1,113 \cdot S_1 + 2369,9 \text{ Н};$$

$$W_{\text{çàâ}} = \frac{c \cdot \ddot{I}}{3,6 \cdot g} \left(v - v_0 + f_1 \cdot \sqrt{2gh'} \right) = \frac{1,5 \cdot 350}{3,6 \cdot 9,81} \left(1,5 + 0,56 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} \right) = 59,2 \text{ Н},$$

де $v_0 = 0$ м/с – складова швидкості вантажу уздовж стрічки для даного випадку; $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння; $h' = 1,0$ м – висота падіння вантажу на стрічку.

Продовжимо обчислення:

$$\begin{aligned} S_9 &= S_8 + W_{8-9} = 1,113 \cdot S_1 + 2369,9 + (q + q_0 + q'_p) \cdot L_1 \cdot \omega' = \\ &= 1,113 \cdot S_1 + 2369,9 + (635,8 + 145,68 + 192,3) \cdot 200 \cdot 0,035 = \\ &= 1,113 \cdot S_1 + 9186,36 \text{ Н}; \end{aligned}$$

$$S_{10} = S_9 = 1,113 \cdot S_1 + 9186,36 \text{ Н};$$

$$\begin{aligned} S_{11} &= S_{10} + W_{10-11} = 1,113 \cdot S_1 + 9186,36 + 7062,4 = \\ &= 1,092S_1 + 16248,7 \text{ Н}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{10-11} &= (q_0 + q)L_2\omega' \cos \beta + q'_p L_2\omega' + (q_0 + q)L_2 \sin \beta = \\ &= (145,68 + 635,8) \cdot 30 \cdot 0,035 \cdot \cos 15^\circ + \\ &+ 192,3 \cdot 30 \cdot 0,035 + (145,68 + 635,8) \cdot 30 \cdot \sin 15^\circ = 7062,4 \text{ Н}; \end{aligned}$$

$$S_{12} = 1,03 \cdot S_{11} = 1,03 \cdot (1,092S_1 + 16248,7) = 1,125 \cdot S_1 + 16736,2 \text{ Н};$$

$$S_{13} = S_{12} + W_{12-13} = 1,125 \cdot S_1 + 16736,2 + 6816,5 = 1,125S_1 + 22922,7 \text{ Н};$$

$$\begin{aligned} W_{12-13} &= (q + q_0 + q'_p) \cdot L_1 \cdot \omega' = (635,8 + 145,68 + 192,3) \cdot 200 \cdot 0,035 = \\ &= 6816,5 \text{ Н}. \end{aligned}$$

Розв'язавши систему рівнянь для граничного стану, за якого відсутнє ковзання барабана відносно стрічки, отримаємо S_1 :

$$\begin{cases} S_{13} = 5,34 \cdot S_1, \\ S_{13} = 1,125 \cdot S_1 + 22922,7; \end{cases}$$

$$\begin{aligned} 1,125 \cdot S_1 + 22922,7 &= 5,34 \cdot S_1, \\ 5,34 \cdot S_1 - 1,125 \cdot S_1 &= 22922,7, \\ 4,215 \cdot S_1 &= 22922,7, \\ S_1 &= \frac{22922,7}{4,2} = 5438,4 \text{ Н}. \end{aligned}$$

Визначаємо числові значення натягу стрічки в характерних точках:

$$S_2 = S_1 + 1521,66 = 5438,4 + 1521,66 = 6960 \text{ Н};$$

$$S_3 = 1,03 \cdot S_1 + 1567,3 = 1,03 \cdot 5438,4 + 1567,3 = 7168,9 \text{ Н};$$

$$S_4 = 1,03 \cdot S_1 + 659,2 = 1,03 \cdot 5438,4 + 659,2 = 6260,8 \text{ Н};$$

$$S_5 = 1,06 \cdot S_1 + 679 = 1,06 \cdot 5438,4 + 679 = 6443,7 \text{ Н};$$

$$S_6 = 1,06 \cdot S_1 + 2200,66 = 1,06 \cdot 5438,4 + 2200,66 = 7965,4 \text{ Н};$$

$$S_7 = 1,113 \cdot S_1 + 2310,7 = 1,113 \cdot 5438,4 + 2310,7 = 8363,6 \text{ Н};$$

$$S_8 = 1,113 \cdot S_1 + 2369,9 = 1,113 \cdot 5438,4 + 2369,9 = 8422,8 \text{ Н};$$

$$S_{10} = S_9 = 1,113 \cdot S_1 + 9186,36 = 1,113 \cdot 5438,4 + 9186,36 = 15239,3 \text{ Н};$$

$$S_{11} = 1,092 \cdot S_1 + 16248,7 = 1,092 \cdot 5438,4 + 16248,7 = 22187,4 \text{ Н};$$

$$S_{12} = 1,125 \cdot S_1 + 16736,2 = 1,125 \cdot 5438,4 + 16736,2 = 22854,4 \text{ Н};$$

$$S_{13} = 1,125 \cdot S_1 + 22922,7 = 1,125 \cdot 5438,4 + 22922,7 = 29040,9 \text{ Н}.$$

За обчисленими значеннями будемо діаграму натягів стрічки (рис. 5).

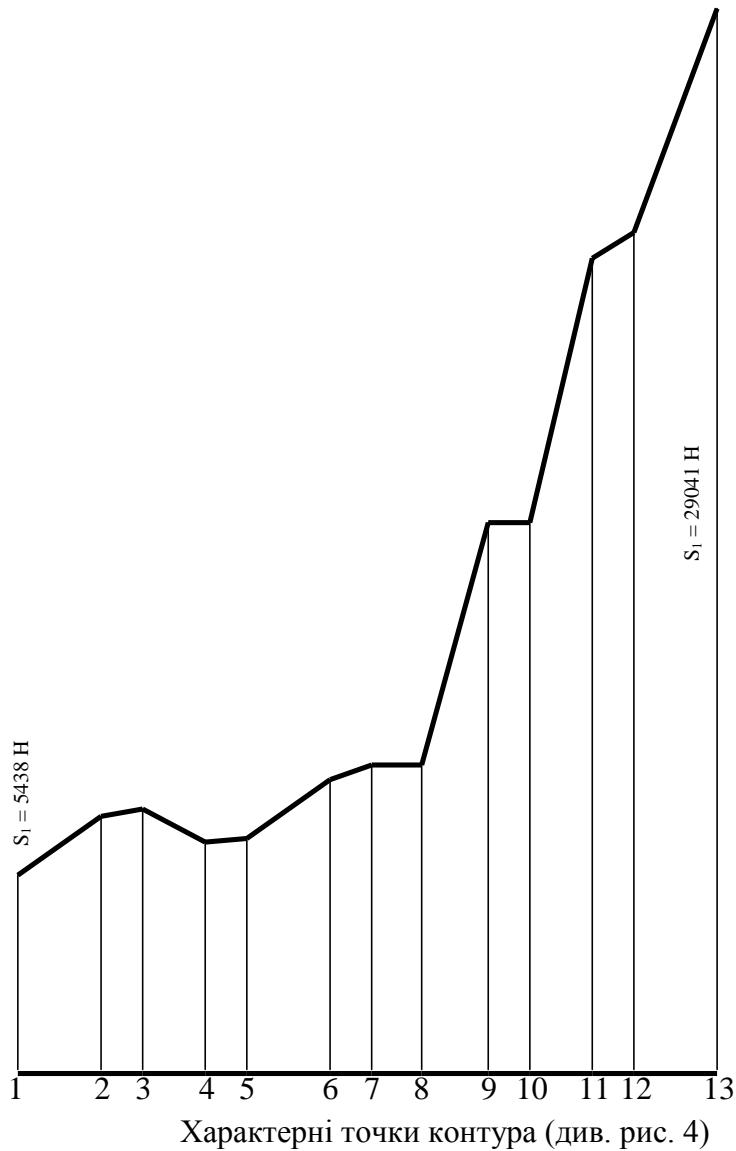


Рисунок 5 – Діаграма натягу в стрічці

6. Визначення максимального провисання стрічки між ролик-опорами робочої вітки в місці найменшого натягу

Максимальне провисання стрічки має задовольняти вимоги:

- для робочої вітки при $l'_p = 1,3$ м

$$y_{\max} = \frac{(q_0 + q) \cdot (l'_p)^2}{8S_{\min}} \leq 0,025 \cdot l'_p.$$

Визначимо y_{\max} :

$$y_{\max} = \frac{(145,68 + 635,8) \cdot 1,3^2}{8 \cdot 8422,8} = 0,02 < 0,03 \cdot l'_p = 0,03 \cdot 1,3 = 0,039 \text{ м}.$$

Провисання стрічки при мінімальному її натягу перебуває у межах допустимої норми.

7. Розрахунок привода конвеєра

Опір пересуванню стрічки

$$W_0 = S_{13} - S_1 = 29040 - 5438 = 23602 \text{ Н}.$$

Розрахункова потужність двигуна привода стрічкового конвеєра

$$N_p = \frac{W_0 \cdot v}{1000 \cdot \eta_i} = \frac{23602 \cdot 1,5}{1000 \cdot 0,85} = 40,9 \text{ кВт},$$

де $\eta_m = 0,85$ – ККД трансмісії.

Встановлена потужність двигуна становить:

$$N_0 = n_y \cdot N_p = 1,1 \cdot 40,9 = 44,99 \text{ кВт},$$

де $n_y = (1,1 \dots 1,2)$ – коефіцієнт установленної потужності (запас потужності).

За каталогом обираємо асинхронний двигун типу 4A250S6Y3 з такими даними:

потужність $N = 45$ кВт, $n = 1000$ об/хв ($\omega = 104,7$ рад/с),

$$\frac{M_{i \cdot \max}}{M_H} = 2,0; J_p = 0,7 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

8. Вибір стрічки

Оскільки кут бічних роликів жолобчастих роlikоопор становить 30° , беремо стрічку з прокладками з синтетичної тканини (капрону) з межею міцності однієї прокладки $\sigma_p = 1800 \text{ Н/см}$. Стрічка сприймає максимальний натяг $S_{\max} = S_{13} = 29041 \text{ Н}$, запас міцності $n = 10$.

Число прокладок (основні) стрічки

$$i = \frac{S_{\max} \cdot n}{\sigma_p \cdot B} = \frac{29041 \cdot 10}{1800 \cdot 100} = 1,6.$$

Приймаємо стрічку, яка має дві основні прокладки та дві з уточношнуровою тканиною. Оскільки спочатку для розрахунку було взято стрічку з шістьма прокладками, то перераховувати конвеєр не треба.

9. Визначення діаметра барабанів

Діаметр приводного барабана обчислюється так:

$$D_a = a_1 \cdot i = 200 \cdot 2 = 400 \text{ мм},$$

де $a_1 = 180 \dots 200$ – для стрічок з прокладками з синтетичної тканини.

Мінімально допустимий діаметр приводного барабана перевіряємо за тиском, що допускається між стрічкою та барабаном:

$$p = \frac{2S_{13}}{D_a \cdot B} \leq [p],$$
$$p = \frac{2 \cdot 29041}{40 \cdot 100} = 14,52 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \leq [p] = 39,24 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}.$$

Приймаємо з конструктивних міркувань $D_6 = 500 \text{ мм}$.

Діаметр кінцевого та натяжного барабанів:

$$D_1 = 0,8D_6 = 0,8 \cdot 400 = 320 \text{ мм}.$$

З конструктивних міркувань приймаємо $D_1 = 500 \text{ мм}$ [1, с. 297, табл. 56].

Діаметр барабана, що відхиляє стрічку

$$D_2 = 0,65D_6 = 0,65 \cdot 400 = 260 \text{ мм}.$$

Приймаємо $D_2 = 320$ мм, оскільки потрібно брати наступне значення за [1, с. 297, табл. 56].

Довжина барабанів

$$L_6 = B + a_6 = 1000 + 150 = 1150 \text{ мм.}$$

Частота обертання приводного барабана

$$n_a = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 1,5}{3,14 \cdot 0,556} = 52,6 \text{ об/хв},$$

де $D = D_6 + 2\Delta_\phi = 0,5 + 2 \cdot 0,028 = 0,556$ м ($\Delta_\phi = 0,028$ м – товщина гумової футерівки).

10. Вибір редуктора

Потрібне передавальне число редуктора

$$u_{p.p} = \frac{n}{n_a} = \frac{1000}{52,6} = 19,01.$$

Розрахункова потужність редуктора:

$$N_{\text{дв}} = k'_p \cdot N_p = 1,25 \cdot 40,9 = 51,13 \text{ кВт},$$

де k'_p – коефіцієнт умов роботи (для спокійного характеру навантаження за безперервної роботи протягом 24 год на добу $k'_p = 1,25$).

За каталогом обираємо редуктор Ц2-650 двоступінчастий з міжосьовою відстанню між швидкохідним та тихохідним валами $A_c = 650$ мм, з передавальним числом $u_p = 19,88$; $N_{\text{ред}} = 89,4$ кВт.

11. Перевірка привода конвеєра на пуск та гальмування

Потрібно визначити опір рухові стрічок у період пуску (після тривалої зупинки конвеєра).

Коефіцієнт опору рухові стрічок у період пуску

$$W'_i = W' \cdot k_{\pi} = 0,035 \cdot 1,3 = 0,046,$$

де $k_{\pi} = 1,3$ – коефіцієнт збільшення статичних опорів при пуску.

Натяг у точках зростає зі збільшенням ω' :

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} = S_1 + 2000,$$

$$W_{1-2} = (q_0 + q_p'') \cdot L_3 \cdot \omega' = (145,68 + 71,7) \cdot 200 \cdot 0,046 = 2000 \text{ Н};$$

$$S_3 = k \cdot S_2 = 1,03 \cdot (S_1 + 2000) = 1,03 \cdot S_1 + 2060;$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = 1,04S_1 + 2060 - 838 = 1,03S_1 + 1222;$$

$$W_{3-4} = q_0 L_2 \omega' \cos \beta + q_p'' L_2 \omega' - q_0 L_2 \sin \beta = 145,68 \cdot 30 \cdot 0,046 \cdot \cos 15^\circ + \\ + 71,7 \cdot 30 \cdot 0,046 - 145,68 \cdot 30 \cdot \sin 15^\circ = -838 \text{ Í} ;$$

$$S_5 = k \cdot S_4 = 1,03 \cdot (1,03 \cdot S_1 + 1222) = 1,06 \cdot S_1 + 1259;$$

$$S_6 = S_5 + W_{5-6} = 1,06 \cdot S_1 + 1259 + 2000 = 1,06 \cdot S_1 + 3259 \text{ Н};$$

$$W_{5-6} = q_0 L_1 \omega' + q_p'' L_1 \omega' = 145,68 \cdot 200 \cdot 0,046 + 71,7 \cdot 200 \cdot 0,046 = 2000 \text{ Í} ;$$

$$S_7 = 1,05 \cdot S_6 = 1,05 \cdot (1,06 \cdot S_1 + 3259) = 1,113 \cdot S_1 + 3422 \text{ Н};$$

$$S_8 = S_7 + W_{\text{çàâ}} = 1,113 \cdot S_1 + 3422 + 59,2 = 1,113 \cdot S_1 + 3481,2 \text{ Н};$$

$$W_{\text{çàâ}} = \frac{c \cdot \ddot{\text{I}}}{3,6 \cdot g} \left(v - v_0 + f_1 \cdot \sqrt{2gh'} \right) = \frac{1,5 \cdot 350}{3,6 \cdot 9,81} \left(1,5 + 0,56 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} \right) = \\ = 59,2 \text{ Н},$$

де $v_0 = 0 \text{ м/с}$ – складова швидкості вантажу уздовж стрічки для даного випадку; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; $h' = 1,0 \text{ м}$ – висота падіння вантажу на стрічку.

Продовжимо розрахунки:

$$S_9 = S_8 + W_{8-9} = 1,113 \cdot S_1 + 3482,1 + (q + q_0 + q_p') \cdot L_1 \cdot \omega' = \\ = 1,113 \cdot S_1 + 3482,1 + (635,8 + 145,68 + 192,3) \cdot 200 \cdot 0,046 = \\ = 1,113 \cdot S_1 + 12440,9 \text{ Н};$$

$$S_{10} = S_9 = 1,113 \cdot S_1 + 12440,9 \text{ Н};$$

$$S_{11} = S_{10} + W_{10-11} = 1,113 \cdot S_1 + 12440,9 + 7374,9 = 1,092S_1 + 19815,8 \text{ Н};$$

$$W_{10-11} = (q_0 + q) L_2 \omega' \cos \beta + q_p' L_2 \omega' + (q_0 + q) L_2 \sin \beta = \\ = (145,68 + 635,8) \cdot 30 \cdot 0,046 \cdot \cos 15^\circ + 192,3 \cdot 30 \cdot 0,046 + \\ + (145,68 + 635,8) \cdot 30 \cdot \sin 15^\circ = 7374,9 \text{ Н};$$

$$S_{12} = 1,03 \cdot S_{11} = 1,03 \cdot (1,092S_1 + 19815,8) = 1,125 \cdot S_1 + 20410,3 \text{ Н};$$

$$S_{13} = S_{12} + W_{12-13} = 1,125 \cdot S_1 + 20410,3 + 8958,8 = 1,125S_1 + 29369,1 \text{ Н};$$

$$W_{12-13} = (q + q_0 + q_p') \cdot L_1 \cdot \omega' = (635,8 + 145,68 + 192,3) \cdot 200 \cdot 0,046 = 8958,8 \text{ Н}.$$

Розв'язавши систему рівнянь для граничного стану, за якого відсутнє ковзання барабана відносно стрічки, отримаємо S_1 :

$$\begin{cases} S_{13} = 5,34 \cdot S_1, \\ S_{13} = 1,125 \cdot S_1 + 29369,1; \end{cases}$$

$$1,125 \cdot S_1 + 29369,1 = 5,34 \cdot S_1,$$

$$5,34 \cdot S_1 - 1,125 \cdot S_1 = 29369,1,$$

$$4,215 \cdot S_1 = 29369,1,$$

$$S_1 = \frac{29369,1}{4,2} = 6967,8 \text{ Н.}$$

Визначаємо числові значення натягу стрічки в характерних точках:

$$\begin{aligned} S_2 &= S_1 + 2000 = 6967,8 + 2000 = 8967,8 \text{ Н;} \\ S_3 &= 1,03 \cdot S_1 + 2060 = 1,03 \cdot 6967,8 + 2060 = 9236,8 \text{ Н;} \\ S_4 &= 1,03 \cdot S_1 + 1222 = 1,03 \cdot 6967,8 + 1222 = 8398,8 \text{ Н;} \\ S_5 &= 1,06 \cdot S_1 + 1259 = 1,06 \cdot 6967,8 + 1259 = 8644,9 \text{ Н;} \\ S_6 &= 1,06 \cdot S_1 + 3259 = 1,06 \cdot 6967,8 + 3259 = 13538,7 \text{ Н;} \\ S_7 &= 1,113 \cdot S_1 + 3422 = 1,113 \cdot 6967,8 + 3422 = 11177,2 \text{ Н;} \\ S_8 &= 1,113 \cdot S_1 + 3481,2 = 1,113 \cdot 6967,8 + 3481,2 = 11236,4 \text{ Н;} \\ S_{10} = S_9 &= 1,113 \cdot S_1 + 12440,9 = 1,113 \cdot 6967,8 + 12440,9 = 20196,1 \text{ Н;} \\ S_{11} &= 1,092 \cdot S_1 + 19815,8 = 1,092 \cdot 6967,8 + 19815,8 = 27424,6 \text{ Н;} \\ S_{12} &= 1,125 \cdot S_1 + 20410,3 = 1,125 \cdot 6967,8 + 20410,3 = 28249,1 \text{ Н;} \\ S_{13} &= 1,125 \cdot S_1 + 29369,1 = 1,125 \cdot 6967,8 + 29369,1 = 37207,9 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Тяглове статичне зусилля при пуску

$$W_{\text{іі}} = S_{13} - S_1 = 37207,9 - 6967,8 = 30240,1 \text{ Н.}$$

Статичний момент, приведений до вала електродвигуна, такий:

$$M_{\text{н.і}} = \frac{W_{\text{іі}} \cdot D}{2 \cdot u_p \cdot \eta_{\text{і}}} = \frac{30240,1 \cdot 0,686}{2 \cdot 19,88 \cdot 0,9} = 479,7 \text{ Ї} \cdot \text{і} ,$$

де $\eta_{\text{п}}$ – ККД в період пуску привода:

$$\eta_{\text{і}} = 1 - (1 - \eta_{\text{і}}) k_p \cdot c_{\text{о}} = 1 - (1 - 0,85) \cdot 1,3 \cdot 0,6 = 0,883 \approx 0,9,$$

де $c_{\text{т}} = 0,55 \div 0,6$ – коефіцієнт можливого зменшення опору руху стрічки.

Момент інерції усіх мас конвеєра, які рухаються, приведених до вала двигуна, буде таким:

$$J_{\text{в}} = \delta(J_{\text{р}} + J_{\text{м}}) + \frac{m_{\text{е}} \cdot R^2}{u_{\text{р}}^2 \cdot \eta_{\text{в}}} = 1,15(0,7 + 0,4) + \frac{16358,2 \cdot 0,343^2}{24,9^2 \cdot 0,9} = 4,7 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

де $J_{\text{р}} = 0,7 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент інерції ротора; $J_{\text{м}} = 0,4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент інерції муфти; $\delta = 1,15$ – коефіцієнт, який урахує момент інерції деталей привода, які обертаються повільніше, ніж вал двигуна; $m_{\text{е}}$ – приведена маса частин конвеєра, які рухаються, та вантажу на ньому:

$$m_{\text{е}} = \frac{k_{\text{у}}}{g} [(q + 2 \cdot q_0) \cdot L + k_{\text{с}} \cdot G_{\text{р}}] = \frac{0,5}{9,81} [(635,8 + 2 \cdot 145,68) \cdot 430 + 0,7 \cdot 123520] = 24726,7 \text{ кг},$$

де $k_{\text{у}} = 0,5 \dots 0,7$ – коефіцієнт, який урахує пружне подовження стрічки, в результаті чого всі маси конвеєра починають рухатися одночасно; $k_{\text{с}} = 0,7 \dots 0,9$ – коефіцієнт, який урахує, що колова швидкість частин мас, які обертаються, менша, ніж швидкість руху стрічки v ; $G_{\text{р}}$ – вага роликів та барабанів конвеєра:

$$G_{\text{р}} = (q'_{\text{р}} + q''_{\text{р}}) L + \sum G_{\text{а}} = (192,3 + 71,7) \cdot 430 + 10000 = 123520 \text{ Н},$$

де $G_{\text{а}} \approx 10000 \text{ Н}$ – вага барабанів.

Середній пусковий момент двигуна:

$$M_{\text{в. п}} = \frac{M_{\text{в. max}} + \dot{M}_{\text{в. min}}}{2} = \frac{2,0 \cdot M_{\text{в}} + 1,1 \cdot M_{\text{в}}}{2} = 1,55 \cdot M_{\text{в}} = 1,8 \cdot 975 \frac{\text{Н}}{\text{с}} = 1,8 \cdot 975 \frac{45}{104,7} = 650 \text{ Н} \cdot \text{с}.$$

Час пуску конвеєра:

$$t_{\text{в}} = \frac{J_{\text{в}} \cdot \omega}{M_{\text{в. п}} - \dot{M}_{\text{в. п}}} = \frac{0,7 \cdot 104,7 \cdot 9,81}{650 - 479,7} = 4,16 \text{ с}.$$

Час, після якого зусилля в гілці конвеєра, що набігає, досягає максимального значення:

$$t = 2 \left(\frac{L_{\text{е}}}{C_1} + \frac{L_{\text{е}}}{C_2} \right) = 2 \left(\frac{300}{410} + \frac{300}{826} \right) = 2,2 \text{ с},$$

де L_k – довжина конвеєра, м; C_1 – швидкість поширення пружної хвилі в робочій вітці стрічки, м/с; C_2 – швидкість поширення пружної хвилі в холостій вітці стрічки, м/с.

Спочатку знаходимо

$$C_1 = \sqrt{\frac{E_0}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{150 \cdot 10^5}{99,3}} = 389 \text{ м/с},$$

де E_0 – приведена жорсткість стрічки, Н:

$$E_0 = E \cdot B \cdot i = 25000 \cdot 100 \cdot 6 = 150 \cdot 10^5 \text{ Н};$$

ρ_1 – погонна щільність частин конвеєра, які рухаються в робочій вітці стрічки:

$$\rho_1 = \frac{1}{g} (q + q_0 + q'_p) = \frac{1}{9,81} (635,8 + 145,68 + 192,3) = 99,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}}.$$

Потім обчислюємо

$$C_2 = \sqrt{\frac{E_0}{\rho_2}} = \sqrt{\frac{150 \cdot 10^5}{22,16}} = 823 \text{ м/с},$$

де ρ_2 – погонна щільність частин конвеєра, які рухаються в холостій вітці стрічки:

$$\rho_2 = \frac{1}{g} (q_0 + q''_p) = \frac{1}{9,81} (145,68 + 71,7) = 22,16 \frac{\text{кг}}{\text{м}}.$$

Оскільки час пуску конвеєра t_n більший за час t , то максимальне динамічне зусилля в стрічці в точці набігу визначаємо за формулою

$$S_{\text{і.а.а}} = W_{\text{а}} \left(1 - e^{-\frac{C_1 \rho_1 t}{m_{\text{і.а.а}}}} \right)$$

де W_d – надлишкове динамічне колове зусилля, яке передається стрічці від привода в пусковий період, Н:

$$W_{\text{а}} = \frac{(\dot{I}_{\text{і.а.а}} - \dot{I}_{\text{н.д.і}}) u_{\text{д}}}{R} = \frac{(650 - 479,7) 20}{0,343} = 9980 \text{ Н};$$

$m_{\text{пр}}$ – вага частин привода, які обертаються та які приведені до обода барабана:

$$m_{\text{і.д}} = \frac{\delta (J_{\text{д}} + J_{\text{і}}) u_{\text{д}}^2 \cdot \eta_{\text{і}}}{R^2} = \frac{1,15 (0,7 + 0,4) 20^2 \cdot 0,9}{0,343^2} = 3871 \text{ кг};$$

$e = 2,71$ – основа натурального логарифма.

Підставивши числові значення параметрів у формулу, отримаємо:

$$S_{f \dot{a} \ddot{a}} = 9732 \left(1 - 2,71^{-\frac{389 \cdot 99,3}{3871} 2,2} \right) = 9674 \text{ Ї}.$$

Максимальне зусилля в стрічці при пуску

$$S_{\max} = S_{13} + S_{f \dot{a} \ddot{a}} = 37207,9 + 9674 = 46882 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт динамічності

$$k_{\ddot{a}} = \frac{S_{\max}}{S_{13}} = \frac{46882}{37207,9} = 1,3.$$

У період пуску конвеєра натяг у вітці, що збігає, буде таким:

$$S_{\ddot{a}} \geq \frac{S_{\max}}{e^{f\alpha}} = \frac{46882}{5,34} = 8779,4 \text{ Н.}$$

Вага натяжного вантажу:

- при сталому режимі роботи конвеєра

$$G_f = \frac{S_6 + S_7}{\eta_f} \approx \frac{2 \cdot S_6}{\eta_f} = \frac{2 \cdot 7965,4}{0,95} = 16769,3 \text{ Н;}$$

- у пусковий період

$$G_{f \cdot i} = \frac{S_6 + S_7}{\eta_f} \approx \frac{2 \cdot S_6}{\eta_f} = \frac{2 \cdot 13538,7}{0,95} = 28502,5 \text{ Н,}$$

де $\eta_f = 0,95$ – ККД натяжного пристрою.

Таким чином, для підтримання у стрічці оптимального натягу доцільно застосовувати автоматичний натяжний пристрій. Якщо немає простих і надійних пристроїв, приймаємо вантажний натяжний пристрій з вагою вантажу $G_f = 16769,3 \text{ Н}$.

При такому значенні ваги натяжного вантажу після пуску завантаженого конвеєра буде відбуватися пробуксовування приводного барабана відносно стрічки. Досліди показали, що таке пробуксовування допустиме, тому що воно не чинить істотного впливу на знос стрічки. При встановленому русі конвеєра приводний барабан працює без пробуксовування.

Хід натяжного пристрою

$$l_f = (0,02 \dots 0,04)L + 0,3 = 0,02 \cdot 430 + 0,3 = 8,9 \text{ м}.$$

Прийнявши характер змін швидкості стрічки від $v = 2,7 \text{ м/с}$ до $v_0 = 0 \text{ м/с}$ лінійним, отримаємо необхідний час гальмування:

$$t_{\delta} = \frac{2 \cdot l_{\delta}}{v + v_0} = \frac{2 \cdot 2,5}{2,7 + 0} = 1,85 \text{ с.}$$

Статичний момент на валу двигуна в процесі гальмування

$$\dot{I}_{\text{н.д}} = \frac{W_0 \cdot D \cdot \eta_i}{2 \cdot u_{\delta}} = \frac{23602 \cdot 0,686 \cdot 0,85}{2 \cdot 20} = 344 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент інерції усіх мас конвеєра, які рухаються та приведені до вала двигуна, такий:

$$J_{\text{і.д}} = \delta \cdot J_{\text{д.і}} + \frac{m_{\text{е}} \cdot R^2}{u_{\delta}^2} \eta_i = 1,15 \cdot 0,7 + \frac{24726,7 \cdot 0,343^2}{20^2} 0,85 = 4,9 \text{ м}^2.$$

Час гальмування конвеєра

$$t_{\text{а}} = \frac{J_{\text{і.д.а}} \cdot \omega}{M_{\text{а}} + M_{\text{н.д.а}}}.$$

Знаходимо гальмівний момент:

$$M_{\text{а}} = \frac{J_{\text{і.д.а}} \cdot \omega}{t_{\text{а}}} - M_{\text{н.д.а}} = \frac{4,9 \cdot 104,7}{1,85} - 344 = -66,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Гальмо не потрібне. Але беручи до уваги можливі зміни режиму роботи, приймаємо колодкове гальмо типу ТКТГ-300м з максимальним гальмівним моментом 800 Н · м.

12. Розрахунок очисного пристрою

Для очищення стрічки від насипного матеріалу встановлюємо очисну лопатеву щітку, яка має індивідуальний привод. Лопасті щітки виготовляють з капронових ниток або з конвеєрної стрічки. Зазвичай щітку встановлюють під розвантажувальним барабаном, так щоб продукти очищення падали в розвантажувальний лоток або бункер. Для забезпечення більш ефективного очищення стрічки передбачають, що щітка обертається в напрямку, протилежному руху стрічки. Можлива також робота щітки в разі попутного руху.

Щітка, встановлена на ділянці стрічки, яка огинає барабан, ефективно очищує конвеєрну стрічку при частоті обертання

$$n \geq \frac{\frac{1,57}{z} \mp \sqrt{\frac{h_1}{d}} \mp \frac{1}{100 \cdot d}}{\pi \sqrt{h_2} \cdot D} 60 \cdot v,$$

де v – швидкість руху стрічки; z – число лопастей щітки; D – діаметр барабана з урахуванням товщини стрічки; d – діаметр щітки;

$$h_1 = \frac{h \cdot D - h^2}{D + d - 2 \cdot h} = \frac{0,5 \cdot 55,6 - 0,5^2}{55,6 + 50 - 2 \cdot 0,5} = 0,26 \text{ м} ;$$

$$h_2 = \frac{h \cdot d - h^2}{D + d - 2 \cdot h} = \frac{0,5 \cdot 50 - 0,5^2}{55,6 + 50 - 2 \cdot 0,5} = 0,24 \text{ м} ;$$

де h – відстань зближення щітки зі стрічкою, h_1, h_2 – геометричні параметри.

Знаки “плюс” та “мінус” уживають відповідно для зустрічного та паралельного обертання щітки відносно стрічки, яка рухається.

Частота обертання щітки у разі зустрічного руху

$$n \geq \frac{\frac{1,57}{10} - \sqrt{\frac{0,0026}{0,5}} - \frac{1}{100 \cdot 0,5}}{3,14 \sqrt{0,0024 \cdot 0,556}} 60 \cdot 2,75 = 119,2 \text{ об}^{-1}.$$

Частота обертання щітки при попутному русі

$$n \geq \frac{\frac{1,57}{10} + \sqrt{\frac{0,0026}{0,5}} + \frac{1}{100 \cdot 0,5}}{3,14 \sqrt{0,0026 \cdot 0,556}} 60 \cdot 2,75 = 319,2 \text{ об}^{-1}.$$

Потужність двигуна

$$N = \frac{p \cdot B \cdot h_{\text{сп}} \cdot v}{1000 \cdot \eta} \cdot \frac{v + v_{\text{ш}}}{v_{\text{ш}}};$$

тоді

$$v_{\text{ш}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,5 \cdot 120,2}{60} = 3,14 \text{ м/с}.$$

За каталогом обираємо двигун 4A100L4Y3 ($n = 1500 \text{ хв}^{-1}$, $N = 4 \text{ кВт}$) та редуктор Ц2-250 ($N = 3,2 \text{ кВт}$, $i = 50,94$).

Список літератури

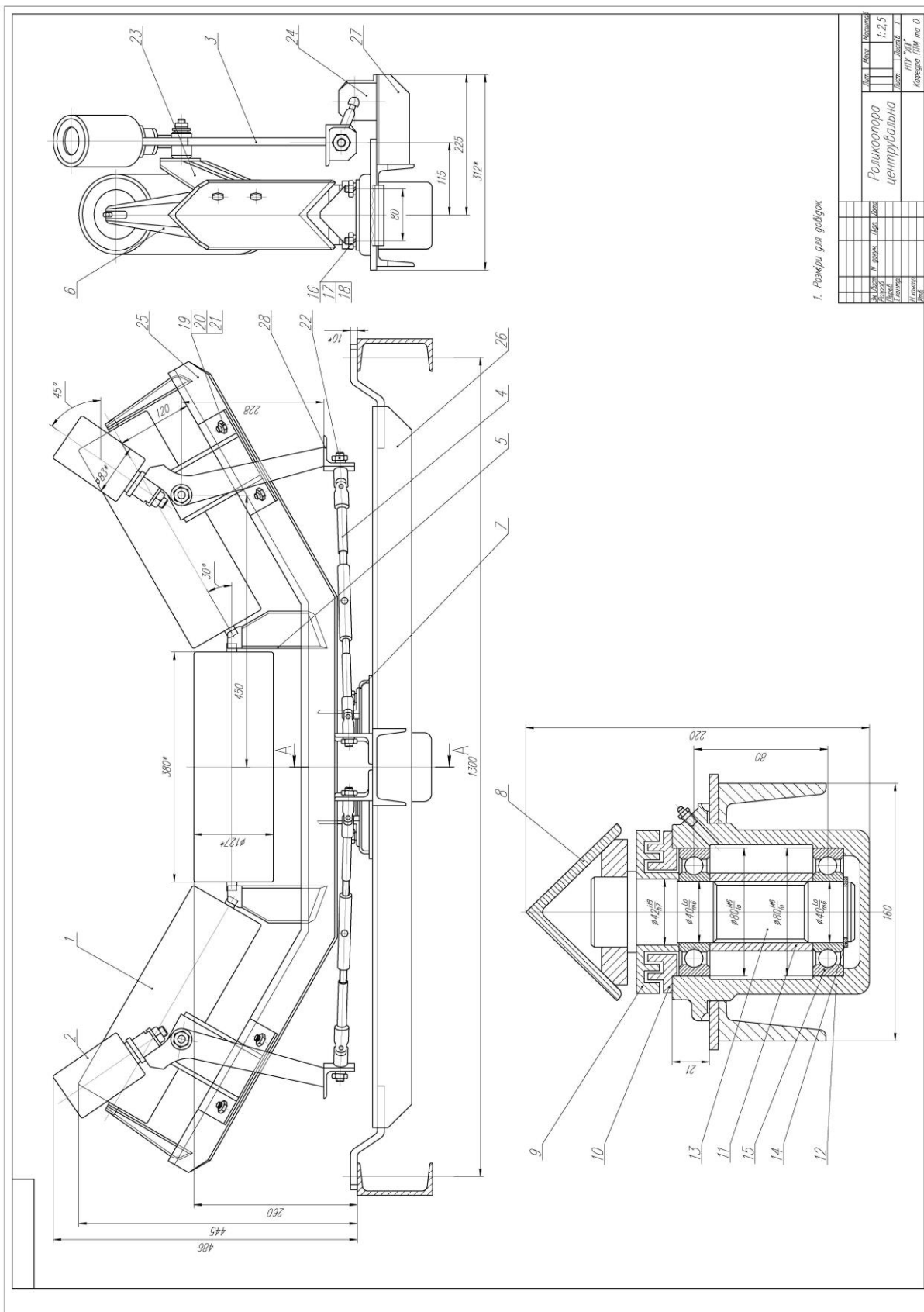
1. Иванченко Ф. К. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин / Ф.К. Иванченко. – К. : Вища школа, 1978.
2. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя / В.И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 2001.
3. Спиваковский А. О. Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский. – М. : Машиностроение, 1968.

Креслення конвеєра стрічкового



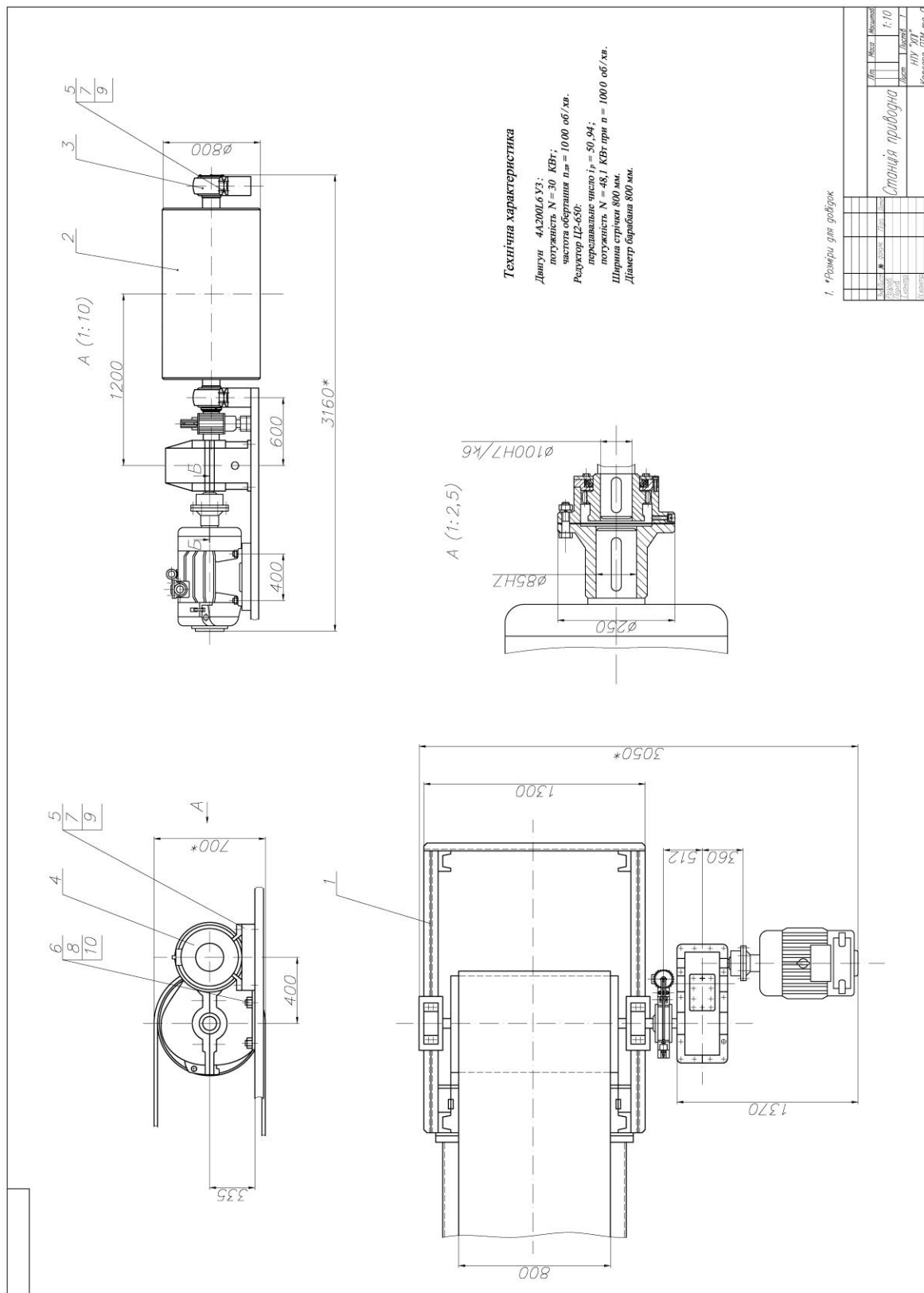
Додаток 2

Креслення роликоопори центральної



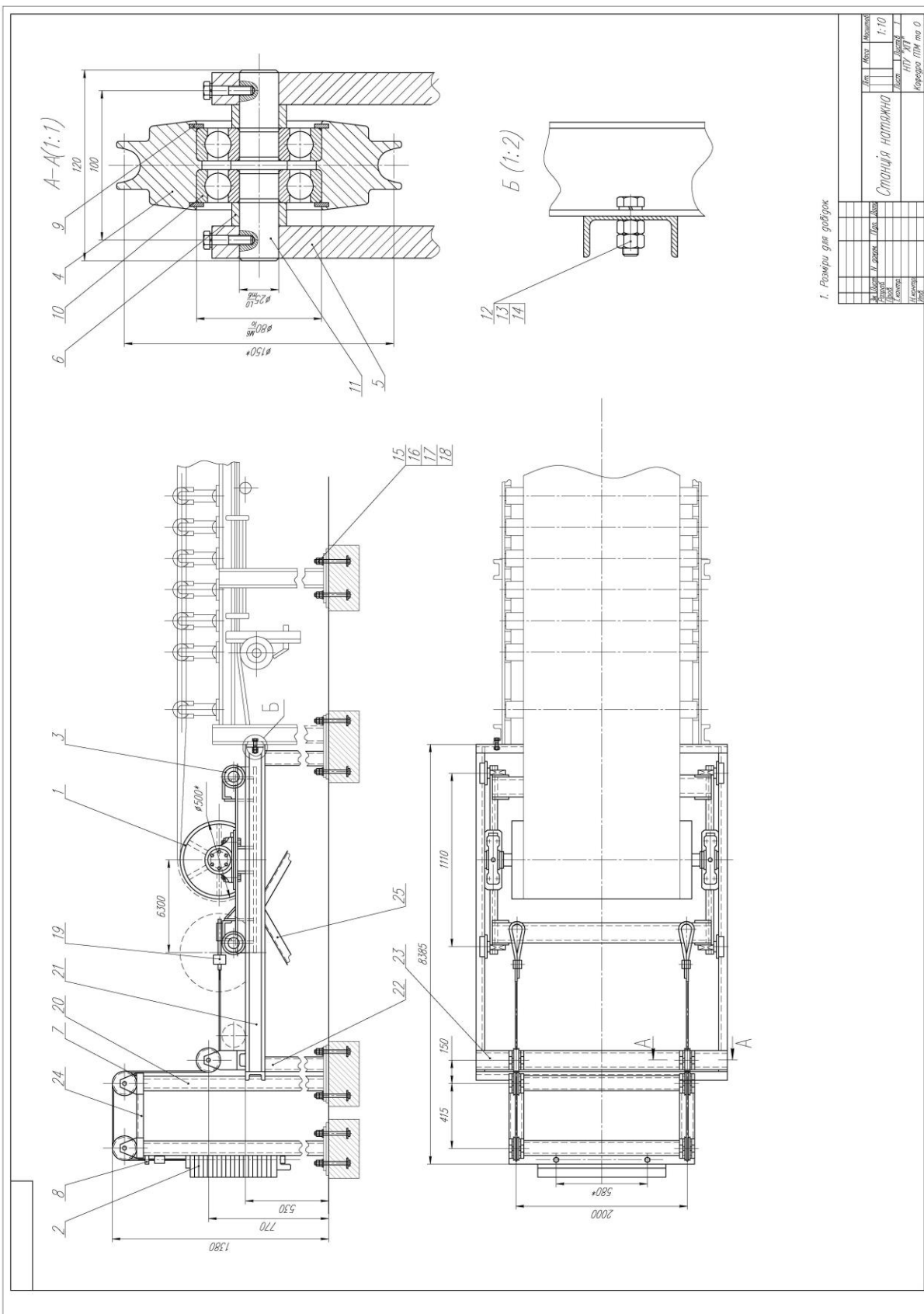
Додаток 3

Креслення станції приводної



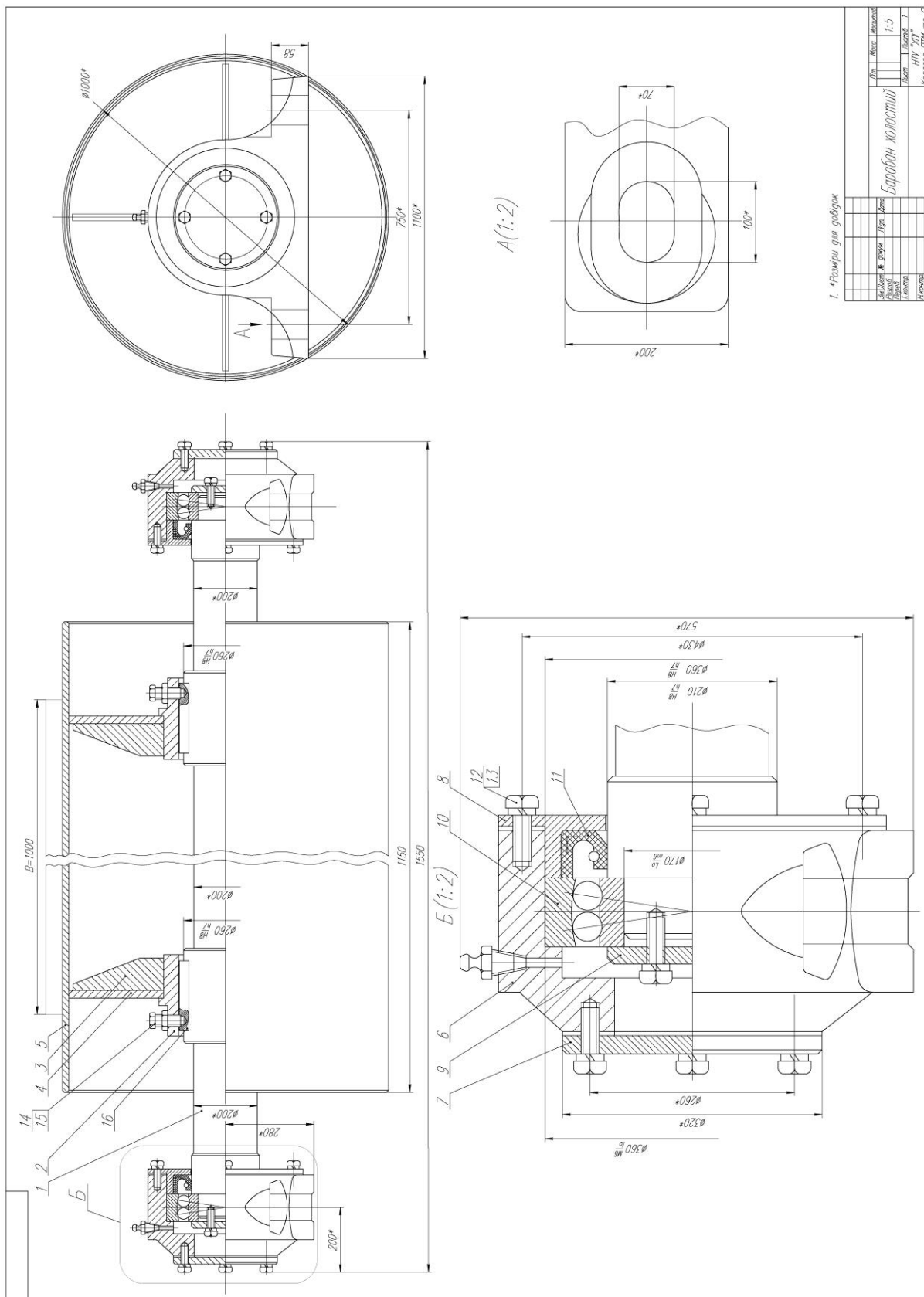
Додаток 4

Креслення станції натяжної



Додаток 5

Креслення барабана холостого



Зміст

Вступ.....	3
1. Вихідні дані для конвеєра, що транспортує насипний вантаж (вугілля).....	3
2. Розрахунок швидкості транспортування та ширини стрічки конвеєра.....	4
3. Визначення навантажень.....	7
4. Визначення геометричних параметрів траси та роликоопор.....	8
5. Визначення натягів у стрічці.....	9
6. Визначення максимального провисання стрічки між роликоопорами робочої вітки в місці найменшого натягу.....	11
7. Розрахунок привода конвеєра.....	12
8. Вибір стрічки.....	12
9. Визначення діаметра барабанів.....	13
10. Вибір редуктора.....	14
11. Перевірка привода конвеєра на пуск та гальмування.....	14
12. Розрахунок очисного пристрою.....	20
13. Список літератури.....	21
Додатки.....	
Додаток 1. Креслення конвеєра стрічкового.....	22
Додаток 2. Креслення роликоопори центральної.....	23
Додаток 3. Креслення станції приводної.....	24
Додаток 4. Креслення станції натяжної.....	25
Додаток 5. Креслення барабана холостого.....	26

Навчальне видання

РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ
„МАШИНИ БЕЗПЕРЕРВНОГО ТРАНСПОРТУ”

для студентів спеціальності 7.090214
“Підйомно-транспортні, будівельні,
дорожні машини та обладнання”

Укладачі: ГРИГОРОВ Отто Володимирович
ВИШНЕВЕЦЬКИЙ Георгій Валентинович
ПЕТРЕНКО Надія Олександрівна
СТРИЖАК Всеволод Вікторович

Відповідальний за випуск О.В. Григоров

Роботу до видання рекомендував В.Г. Дяченко

Редактор Л.А. Копієвська

План 2010 р., поз. 96

Підп. до друку _____ Формат 60х84 1/16. Папір офсетний. Друк – ризографія.

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 1,9. Обл. – вид. арк 2,1. Наклад 150 прим.

Зам. № ____ . Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.

61002 Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ «ХП», 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21